Erfahrungen zu Bitumenprüfungen mit dem Dynamischen Scherrheometer

Peter Bodmer Viatec AG
mit freundlicher Unterstützung von
Univ.-Prof. Dr. Michael P. Wistuba, Technische Universität Braunschweig

infra suisse

Systematische, materialwissenschaftlich-basierte Vorgehensweise

Methodischer Erkenntnisgewinn

….. für Innovation in der Asphalttechnologie

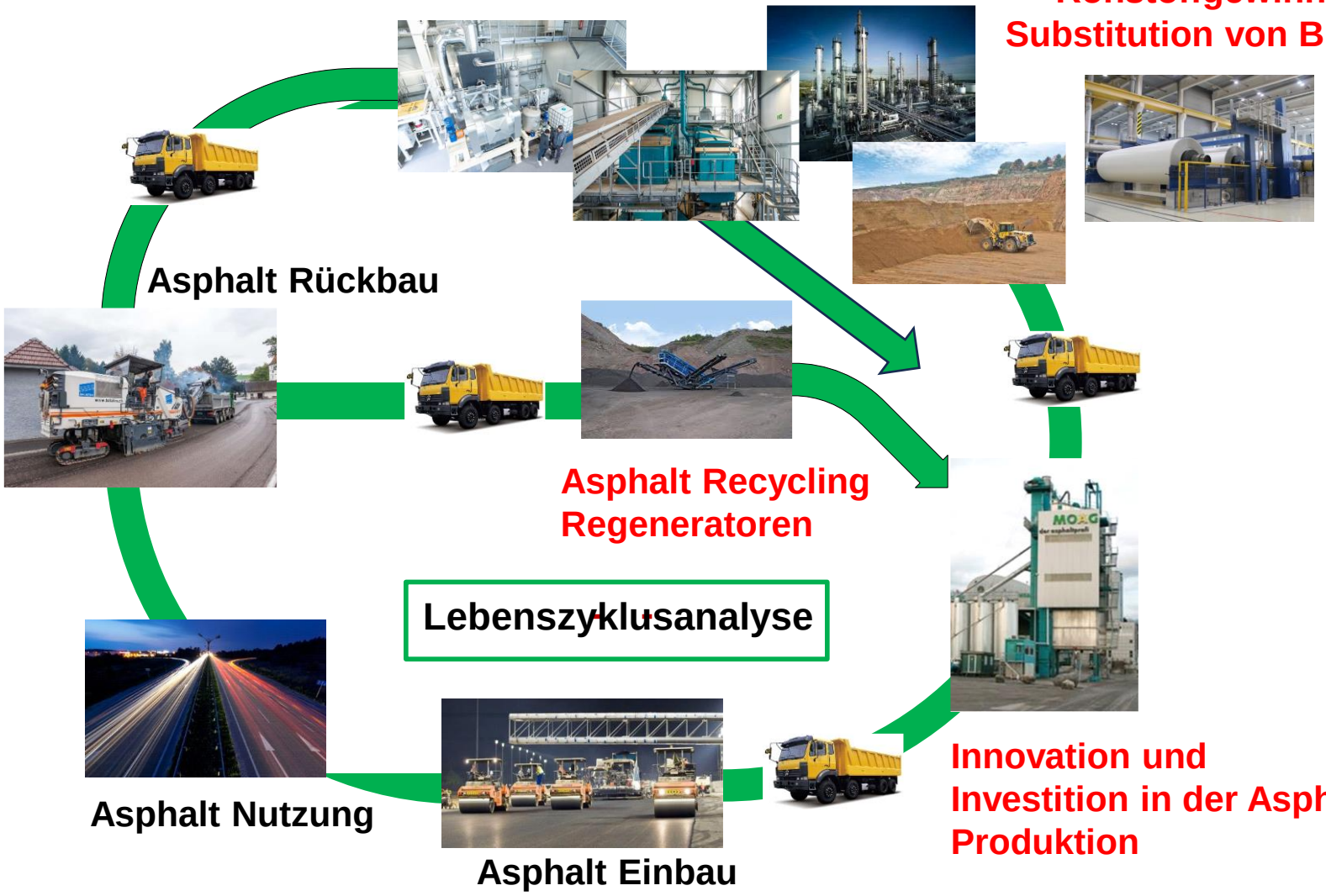


Bild: T. Pohl, UMTEC AG
Ergänzung P.Bodmer Viatec AG

infra suisse

Von empirischen Werten Pen + R&K zur Rheologie mit dem DSR

(Rheologie = Beschreibung des Deformations- und Fliessverhaltens)

Dissertationen an der TU Braunschweig, u. a.
von Dr.-Ing. Alexander Alisov und Dr.-Ing. Johannes Büchner

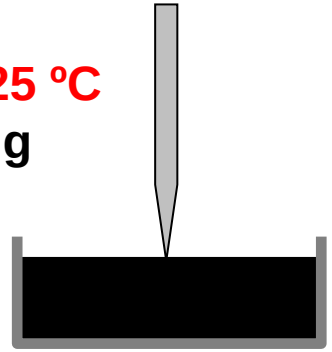
Die Temperatur DSR BTSV entspricht der Erweichungstemperatur R+K von Normalbitumen

PmB-Bitumen oder Bitumen mit Regeneratoren oder Substitut von Bitumen verhalten sich anders! R+K funktioniert nicht, BTSV schon!

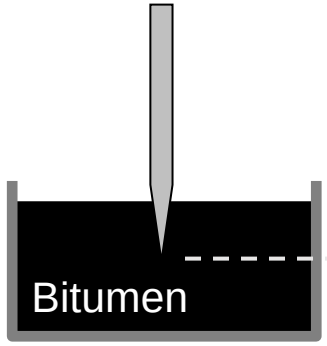
Was prüfen wir heute: Penetration (Härte)

Penetration

Temperatur 25 °C
Gewicht 100 g

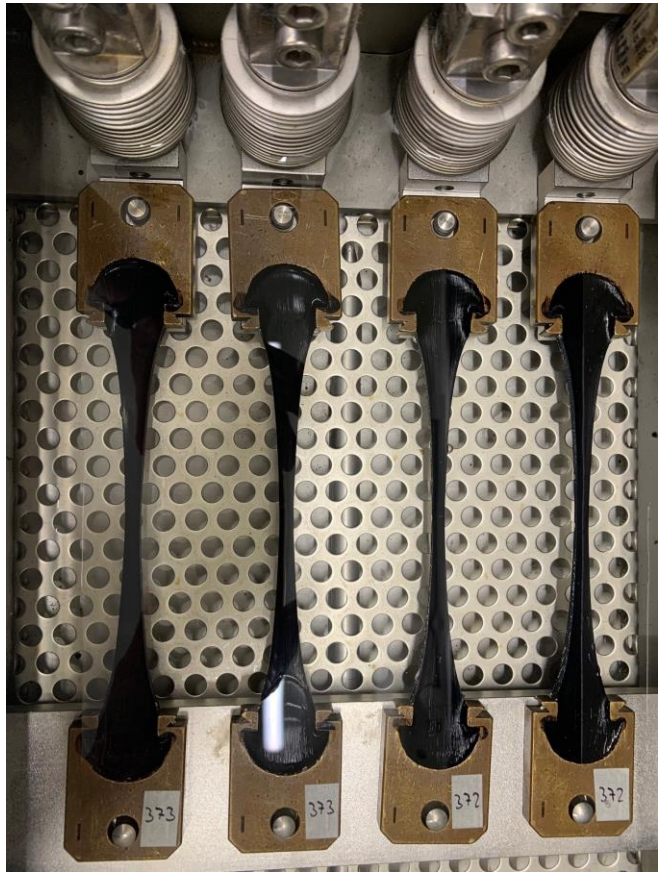


5 Sekunden

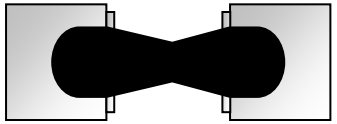


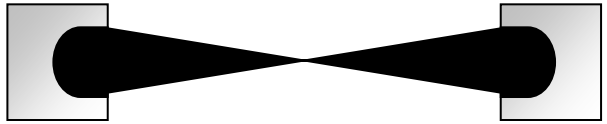
Eindringtiefe in 1/10 mm

Was prüfen wir heute: elastische Rückstellung (PmB-Bitumen)



Temperatur 25 °C



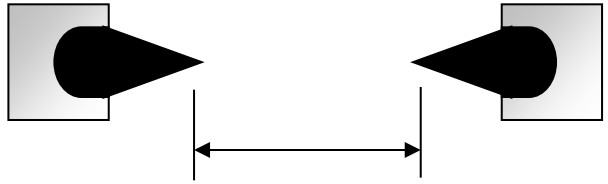


Ausziehen auf 20cm mit 50mm/min

In der Mitte schneiden

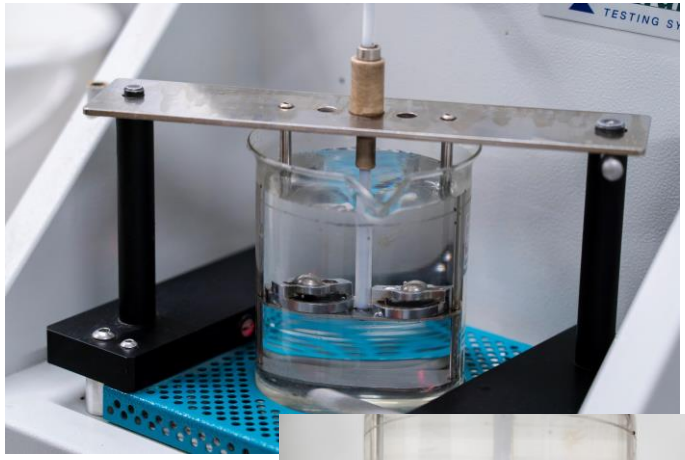
Elast. Rückstellung =

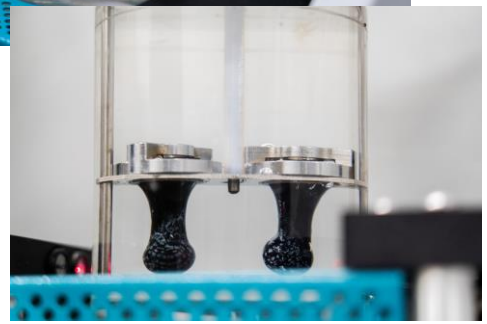
Abstand / 20cm in Prozent



Abstand messen nach 30 min.

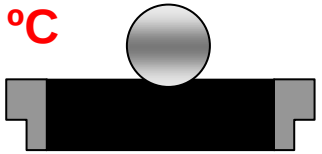
Was prüfen wir heute: Erweichungspunkt Ring+Kugel (Wärme)

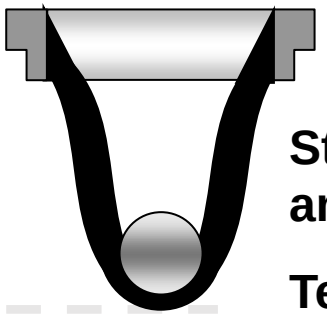




Start bei 5 °C!

Erhöhung der Temp. um 5 °C pro Min.



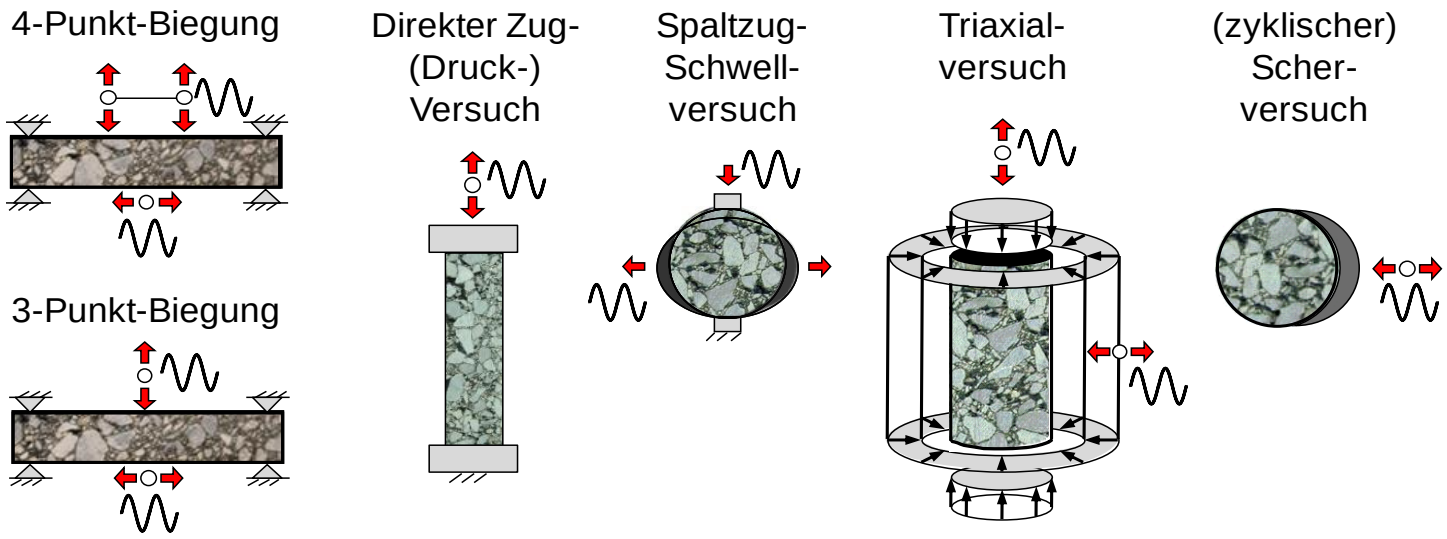


Stopp bei Berührung am Boden

Temperatur ablesen

Was prüfen wir heute: Gebrauchsverhaltensorientierte Asphaltprüfungen

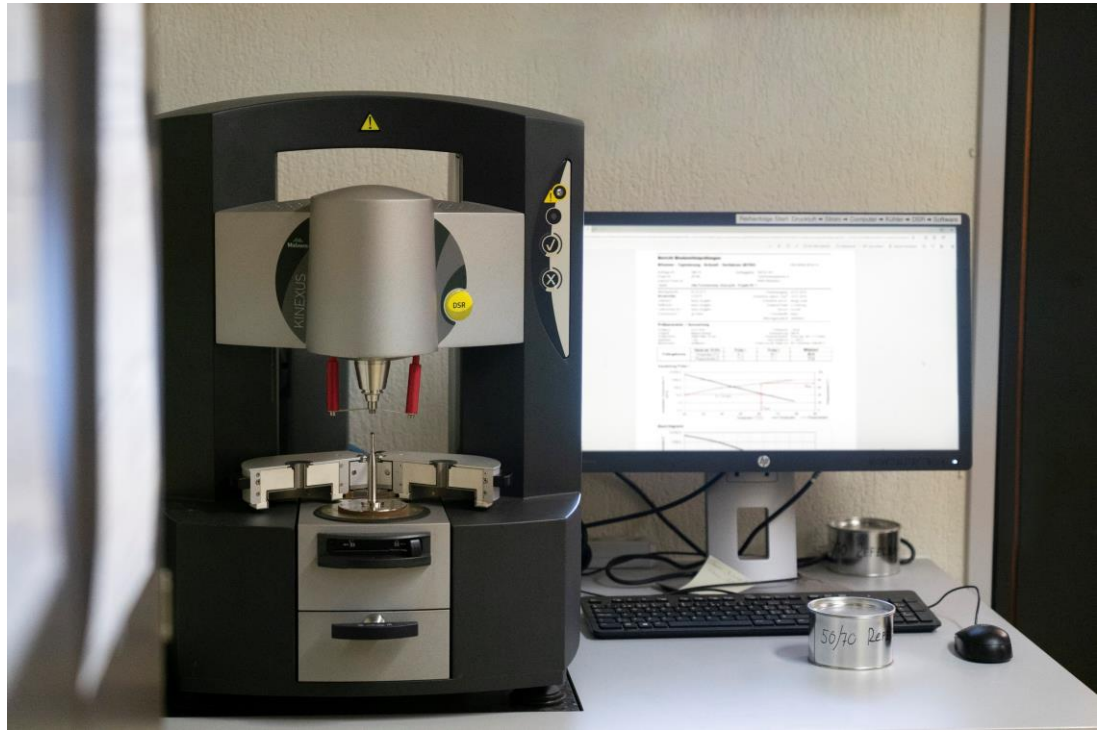
Kaum geeignet für Routineprüfungen



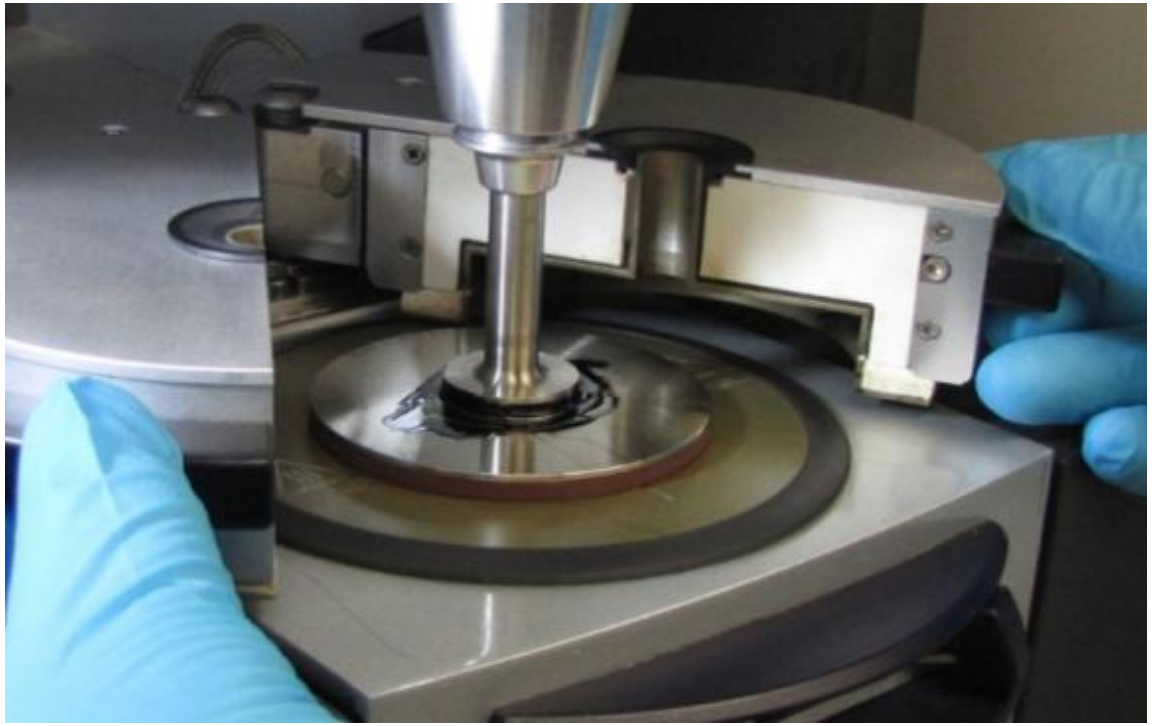
Quelle: Wistuba, M. P. 2024.

Dynamisches Scherrheometer (DSR)

- **Typische Kennwerte: für die Materialsteifigkeit und für das viskoelastische Materialverhalten**
- **im gesamten Bereich der Gebrauchstemperatur einsetzbar (-40 bis + 90 °C)**



Quelle: ViaTec AG

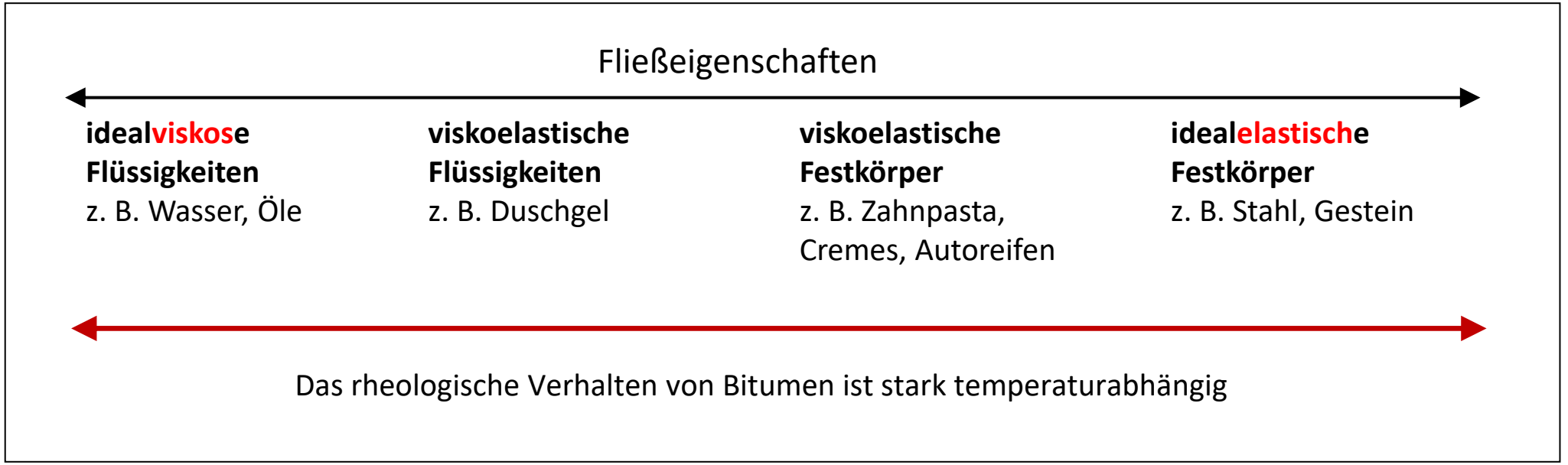


Quelle: TU Braunschweig

Systematische, materialwissenschaftlich-basierte Vorgehensweise

Methodischer Erkenntnisgewinn

….. für Innovation in der Asphalttechnologie

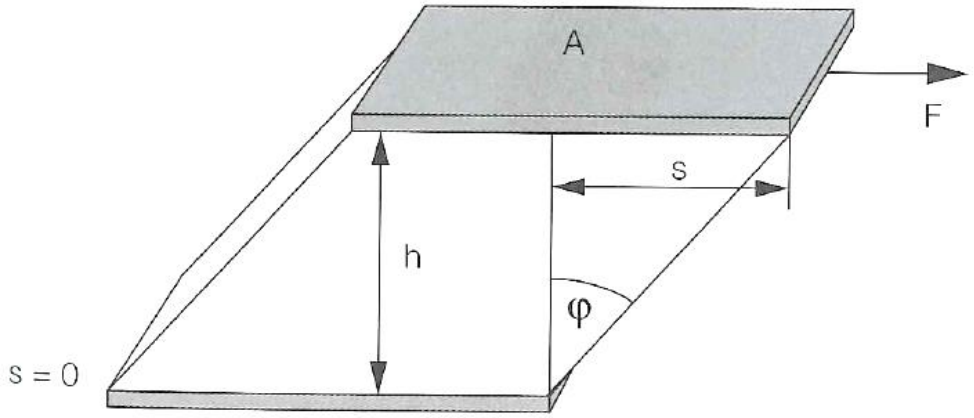


Rheologie: Beschreibung des Deformations- und Fließverhaltens

Rheometer: Hilfsmittel zur Messung rheologischer Größen

Quelle: Wistuba, M. P. 2024.

Deformationsverhalten (im LVE-Bereich)

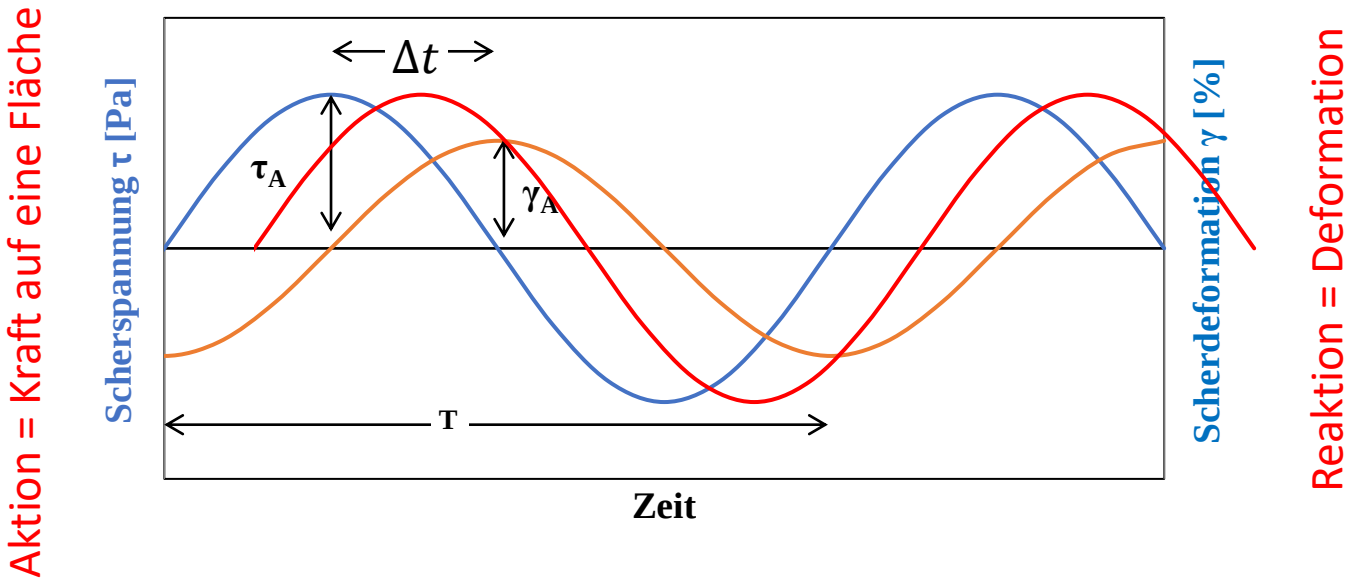


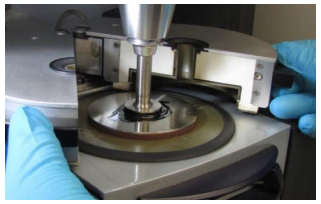
Der Schermodul beschreibt den Widerstand einer Probe auf eine äußere Scherbelastung.
Er ist ein Maß für die **Steifigkeit** des Materials.

- Scherspannung („tau“) $\tau = \frac{F}{A}\ [Pa]$
- Scherdeformation („gamma“) $\gamma = \frac{s}{h}\ [\%]$
- **Schermodul $G = \frac{\tau}{\gamma}$**

Vergleiche : $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

Mezger, T. G. 2015. Angewandte Rheologie, Mit Joe Flow auf der Rheologie-Straße. 2. Aufl., Anton Paar, Graz.





Berechnung von rheologischen Kenngrößen:

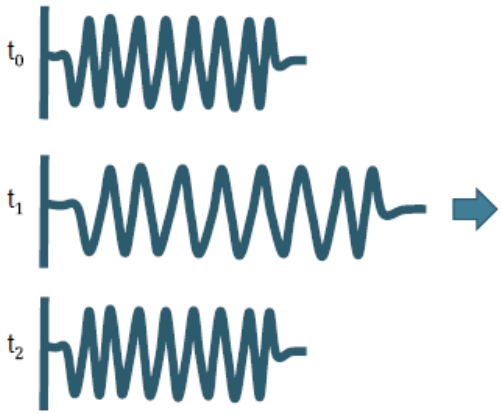
$$\delta Wasser = \frac{1 * t}{4 * t} \cdot 360° = 90°$$

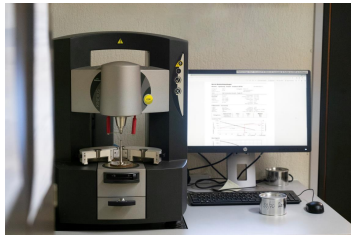
$$\delta = \frac{\Delta t}{T} \cdot 360°$$

G* = komplexer Schermodul [Pa]
τ = Scherspannung [Pa]
γ = Deformation [-]

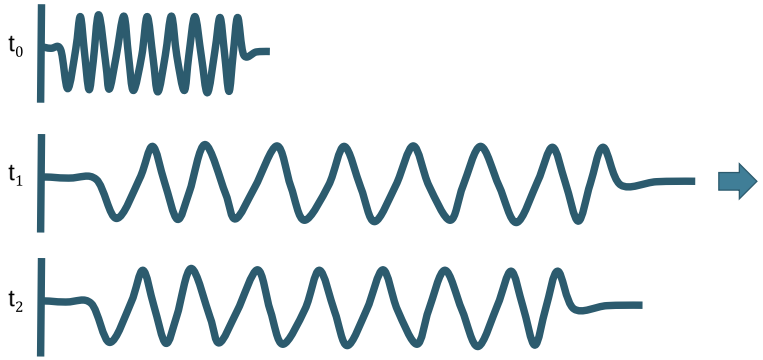
δ = Phasenwinkel [°]
Δt = Zeitverzögerung [s]
T = Schwingungsdauer [s]

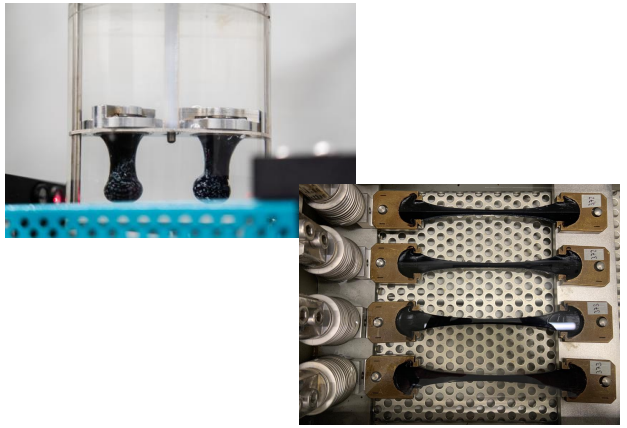
Materialverhalten im linearen Bereich

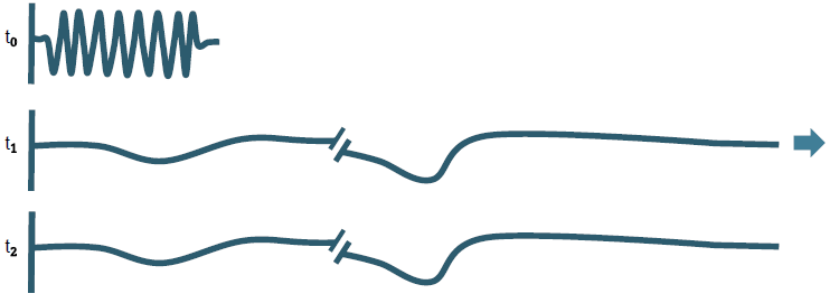




Materialverhalten im nicht-linearen Bereich





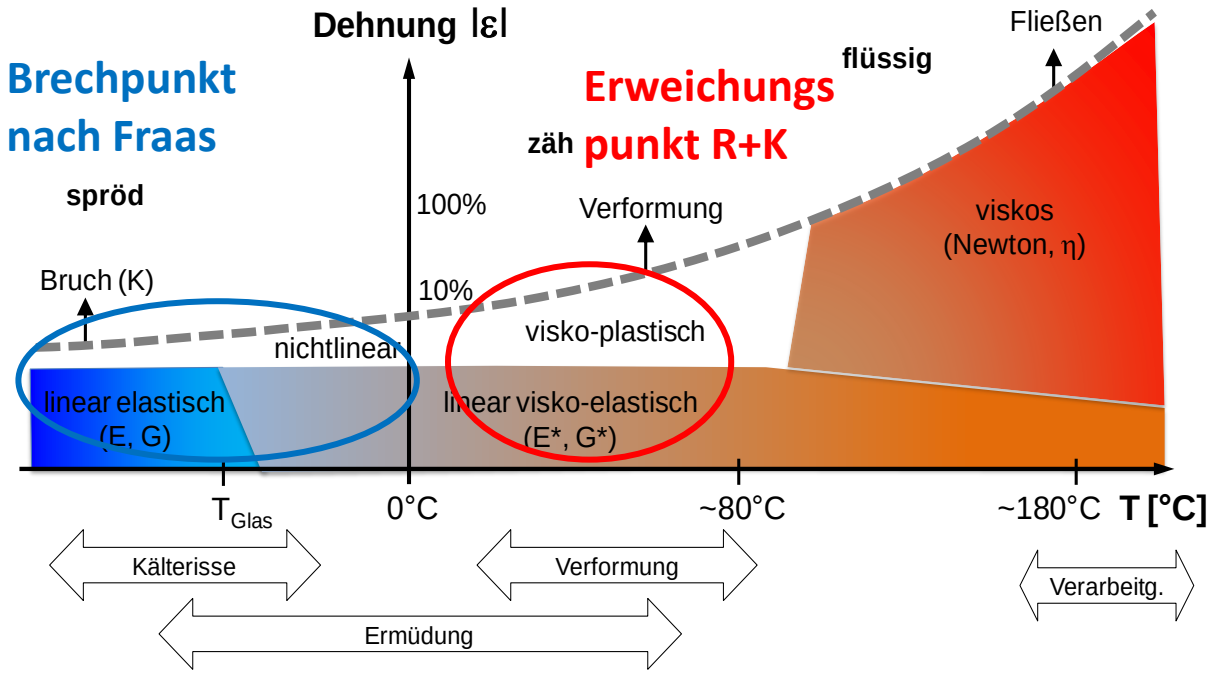


Feder ist keine Feder mehr, Elastizität ist verschwunden,
Materialverhalten ist nicht mehr prognostizierbar

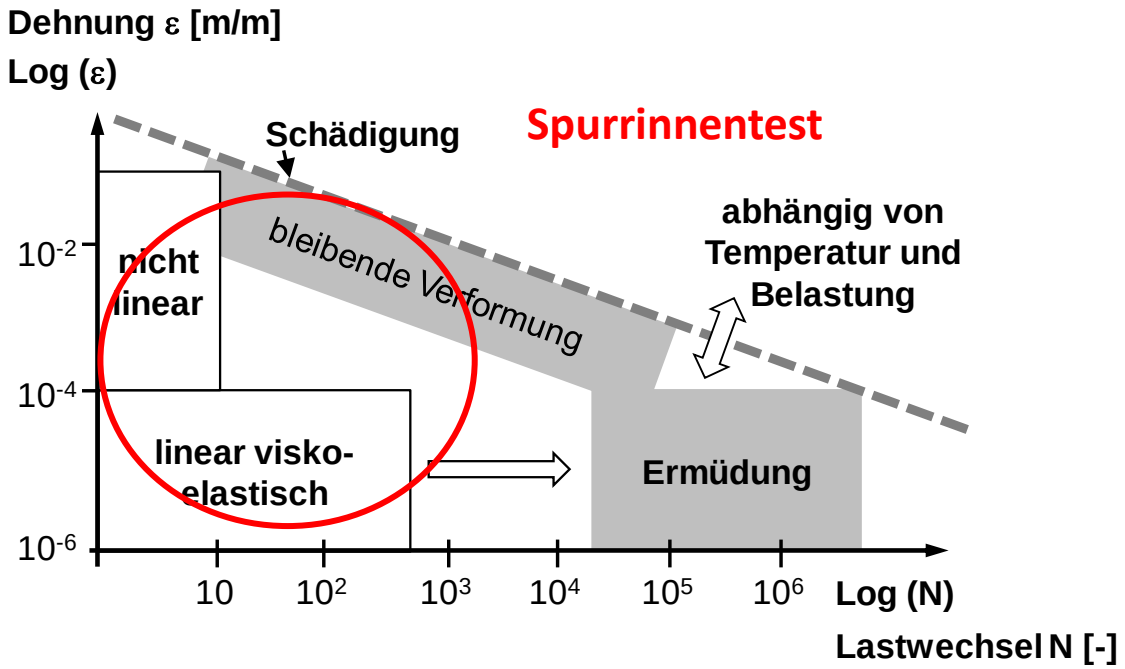
Quelle: M.Wistuba Fotos: Viatec AG

Prüfungen heute Materialverhalten im nicht-linearen Bereich

Bitumen

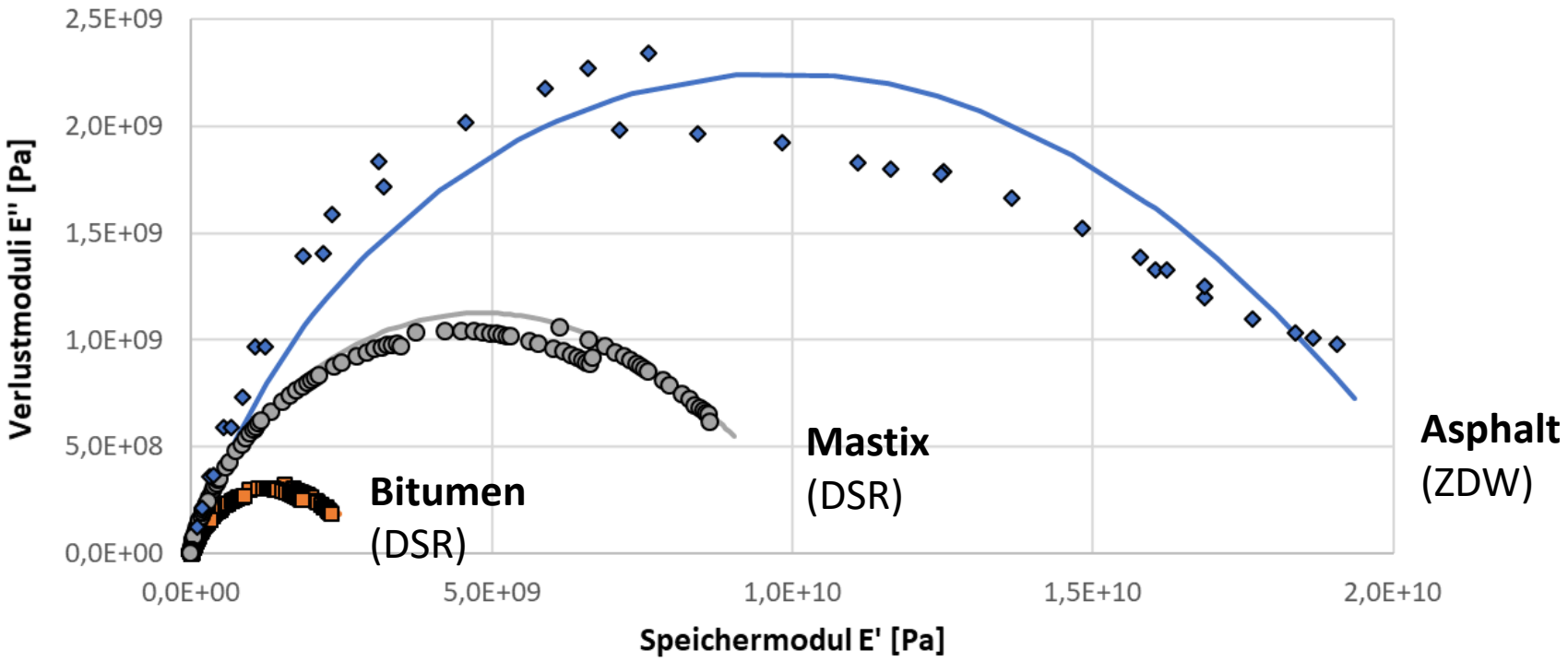


Asphalt

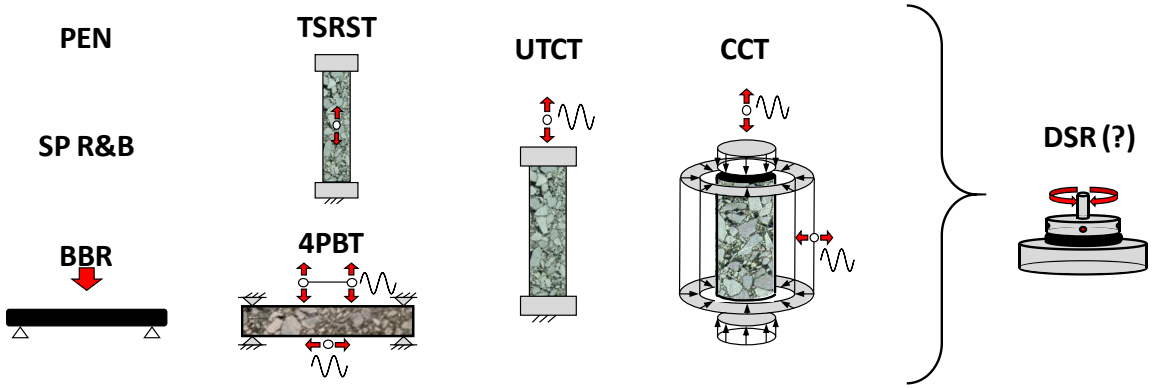


Quelle: Wistuba, M. P. 2024.

Die Betrachtungsebenen Bitumen – Mastix (Bitumen+Füller) – Asphalt stehen in einem rheologischen Zusammenhang



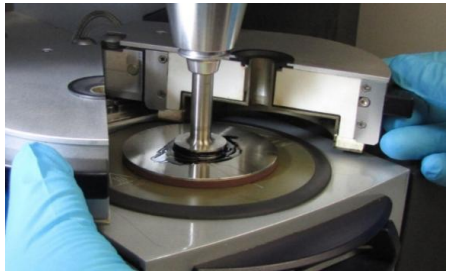
Quelle: M.Wistuba



- DSR anwendbar in der täglichen Routineprüfung
- Einfache Versuchsdurchführung
- Einfache (Geräte-)Technik
- Aussagekräftiges, physikalisch interpretierbares Ergebnis (z. B. Temperatur)
- Schnell (kurze Versuchsdauer)
- Kostengünstig
- Rheologie korreliert mit Chemie

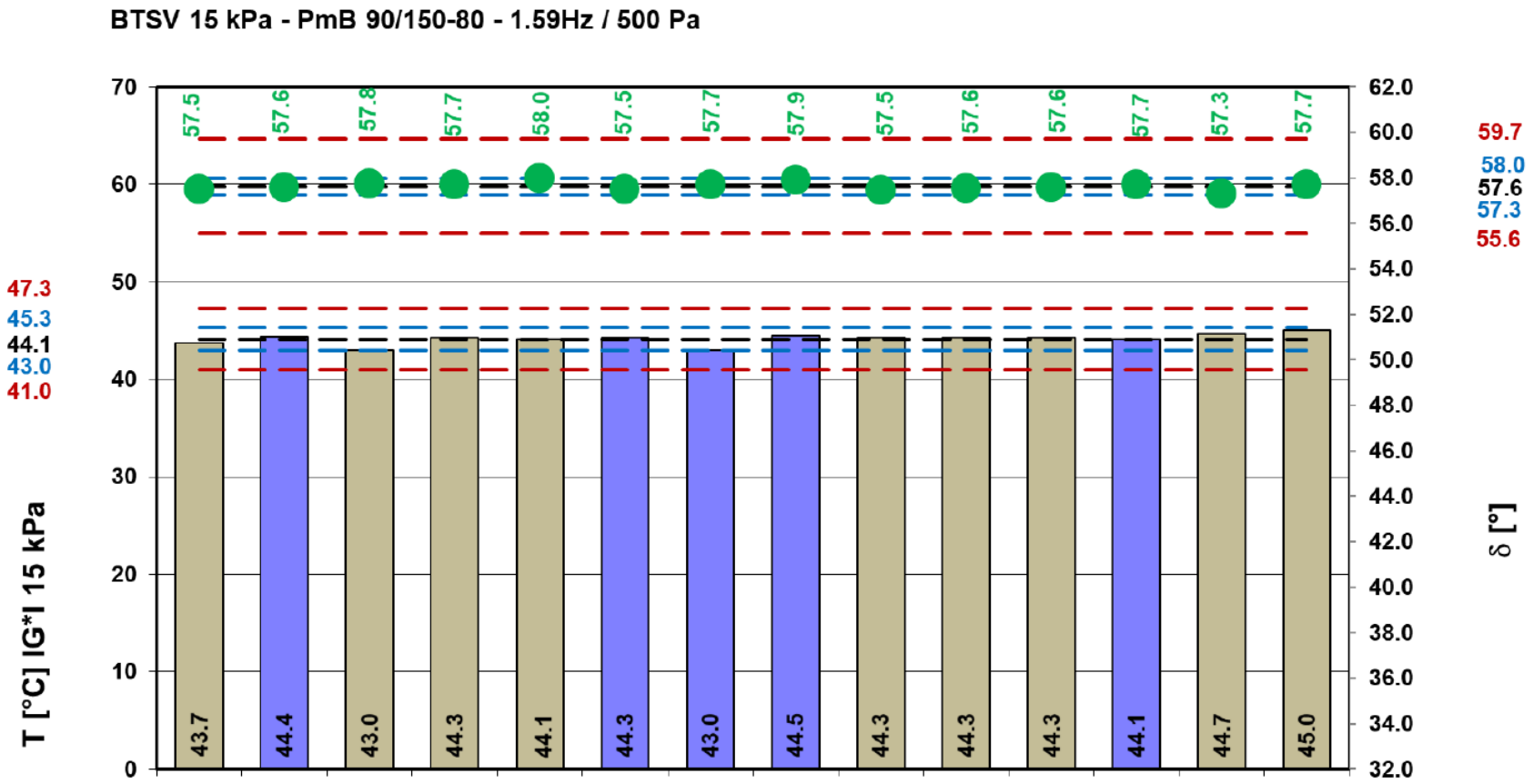
DSR = Nachhaltigkeit im Labor

- **Prüfung mit kleinen Bitumenmengen**
- **Bitumenrückgewinnung (Lösungsmittel)**



Quelle: Wistuba, M. P. 2024.

Vergleichbarkeit (Labore) der Ergebnisse



Systematische, materialwissenschaftlich-basierte Vorgehensweise

Methodischer Erkenntnisgewinn

….. für Innovation in der Asphalttechnologie

Einordnen der Prüfergebnisse DSR BTSV

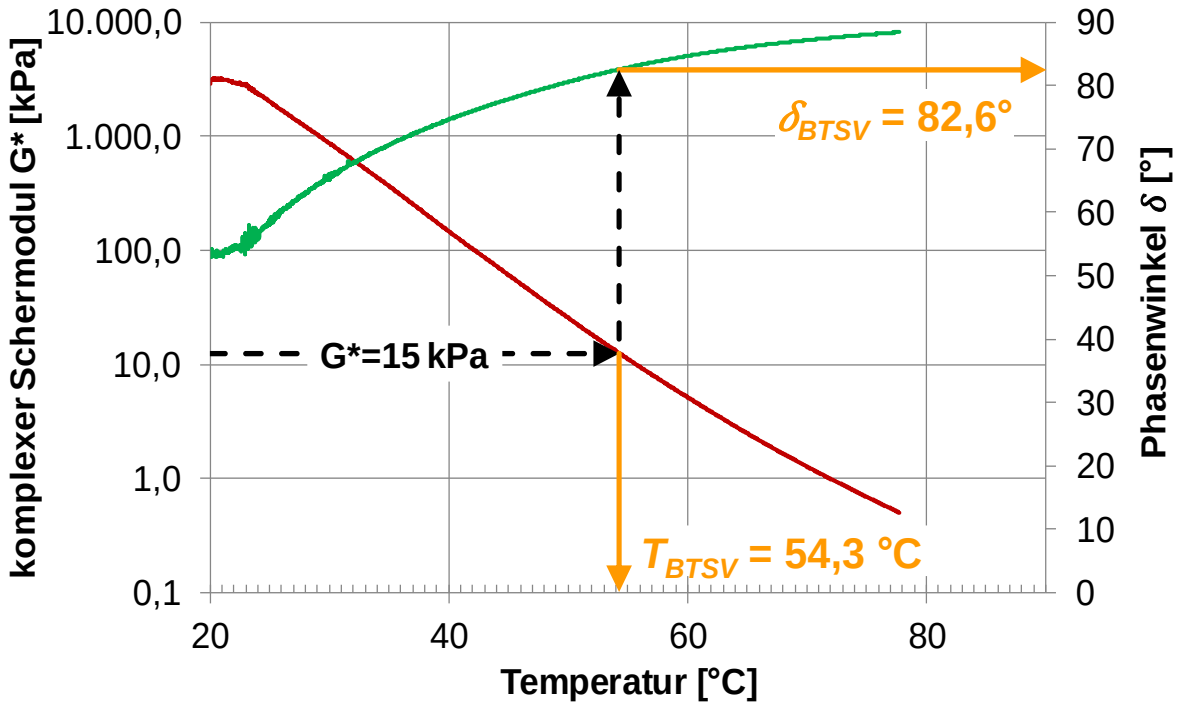
Phasenwinkel = Verhältnis zwischen der elastischen und der viskosen Komponente im Bitumen

BTSV Temperatur = je höher die Temperatur um so härter ist das Bindemittel

Bitumen-Typisierungs-Schnellverfahren (BTSV)

Auswertung beim Schubmodul G*=15 kPa (Erweichungspunkt Normalbitumen)

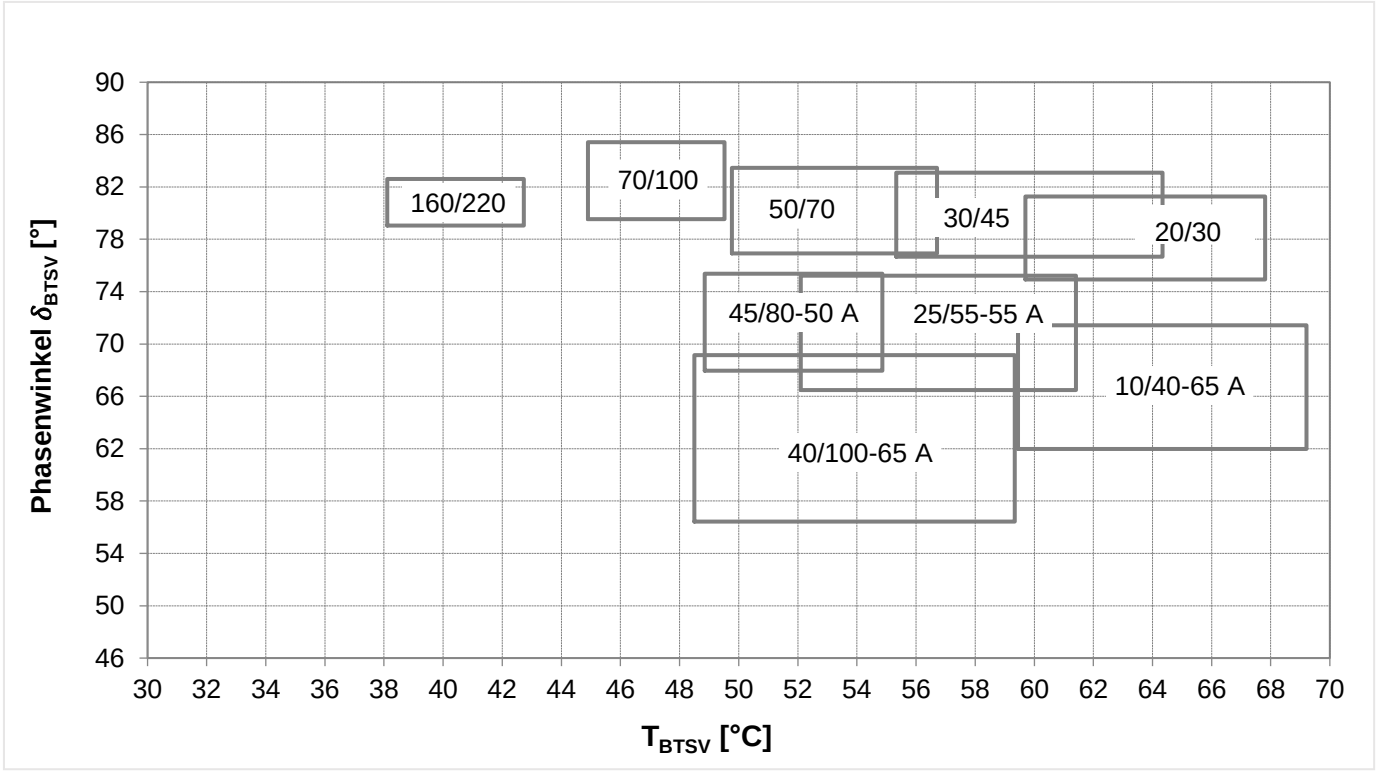
BTSV Temperatur Phasenwinkel



Erinnerung: Die Temperatur DSR BTSV entspricht der Erweichungstemperatur R+K von Normalbitumen

Quelle: Wistuba, M. P. 2024.

Erfahrungshintergrund BTSV Werte Frischbitumen TU Braunschweig



Die Kästchen stellen den Erfahrungshintergrund der TU Braunschweig, Institut für Strassenwesen, aus zahlreichen Untersuchungen verschiedener in Deutschland eingesetzter Bitumen dar. In der Schweiz fehlt bisher so eine Datengrundlage.

AC T 22 S B 50/70 mit 60% RC

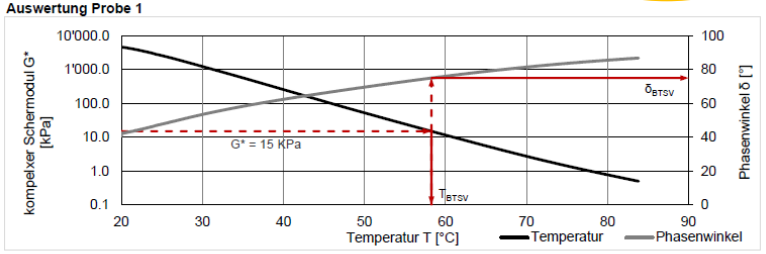
Mischgutsorte:*	AC T 22 S	*Probeneingang:*	10.10.2024
Bindemittel:*	B 50/70	*Entnahme Datum / Zeit*:*	04.10.2024
Lieferant:*		*Entnahme durch*:*	Auftraggeber
Raffinerie:*		*Entnahmeort*:*	Bindemittel aus Mischgut
Lieferschein-Nr.:*		*Alterungszustand:*	extrahiert

Prüfparameter + Auswertung

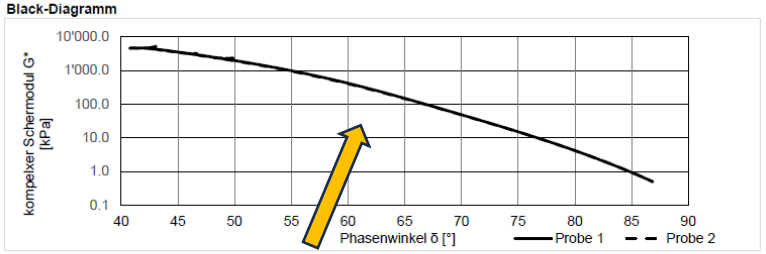
			Probe 1	Probe 2
Prüfgerät/-geometrie:	Malvern Kinexus / Platte-Platte 25 mm	*Prüfdatum:*	05.11.2024	05.11.2024
Spaltweite/Belastungsart:	1 mm / oszillierend	*Lagerdauer der Proben [h]:*	95.5	98.1
Prüffrequenz [Hz]:	1.59	*Plattenerwärmung:*	80.0	
Temperaturbereich:	20 bis max. 90°C (1.2 °C/min)	*Gleichgewichtseinstellungszeit:*	15 Min.	
Scherspannung [Pa]:	500			

	Werte bei 15 kPa	Probe 1	Probe 2	Mittelwert
Prüfergebnisse	Temperatur [°C]	58.2	58.3	**58.3**
	Phasenwinkel [°]	75.0	75.0	**75.0**

Auswertung Probe 1



Black-Diagramm



Bemerkungen: keine

Datum: 06.11.2024
Viatec AG: V. Krackler

Druckdatum: 06.11.2024

AC B 22 H PmB 45/80-80 mit 50% RC

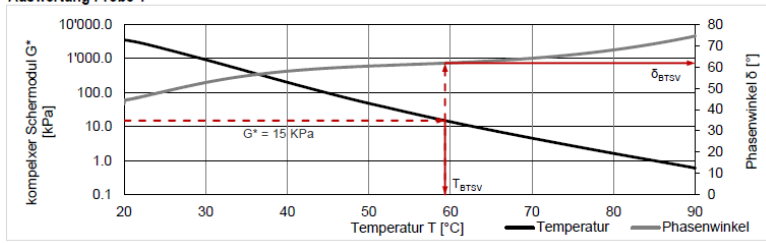
Mischgutsorte:*	AC B 22 H	*Probeneingang:*	10.10.2024
Bindemittel:*	PmB 45/80-80	*Entnahme Datum / Zeit*:*	07.10.2024
Lieferant:*		*Entnahme durch*:*	Auftraggeber
Raffinerie:*		*Entnahmeort*:*	Bindemittel aus Mischgut
Lieferschein-Nr.:*		*Alterungszustand:*	extrahiert

Prüfparameter + Auswertung

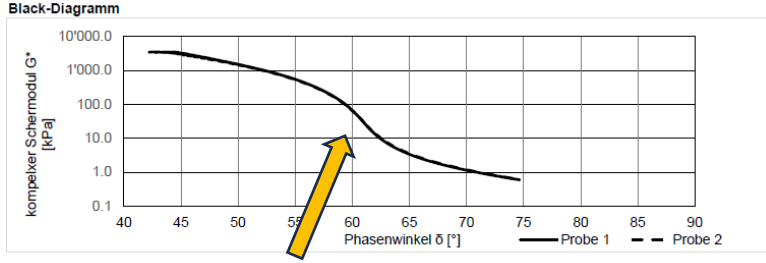
			Probe 1	Probe 2
Prüfgerät/-geometrie:	Malvern Kinexus / Platte-Platte 25 mm	*Prüfdatum:*	04.11.2024	04.11.2024
Spaltweite/Belastungsart:	1 mm / oszillierend	*Lagerdauer der Proben [h]:*	73.0	76.0
Prüffrequenz [Hz]:	1.59	*Plattenerwärmung:*	90.0	
Temperaturbereich:	20 bis max. 90°C (1.2 °C/min)	*Gleichgewichtseinstellungszeit:*	15 Min.	
Scherspannung [Pa]:	500			

	Werte bei 15 kPa	Probe 1	Probe 2	Mittelwert
Prüfergebnisse	Temperatur [°C]	59.3	59.4	**59.4**
	Phasenwinkel [°]	61.8	61.9	**61.8**

Auswertung Probe 1



Black-Diagramm



Bemerkungen: keine

Datum: 06.11.2024
Viatec AG: V. Krackler

Druckdatum: 06.11.2024

AC 8 H PmB 45/80-80 mit 20% RC

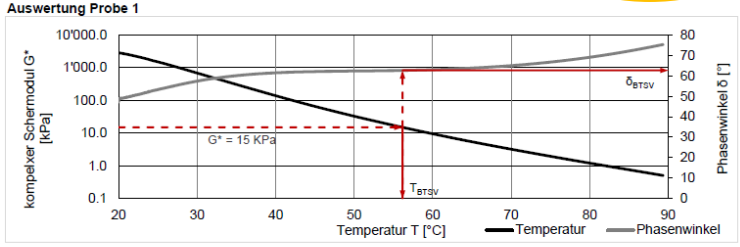
Mischgutsorte:*	AC 8 H	*Probeneingang:*	10.10.2024
Bindemittel:*	PmB 45/80-80	*Entnahme Datum / Zeit*:*	07.10.2024
Lieferant:*		*Entnahme durch*:*	Auftraggeber
Raffinerie:*		*Entnahmeort*:*	Bindemittel aus Mischgut
Lieferschein-Nr.:*		*Alterungszustand:*	extrahiert

Prüfparameter + Auswertung

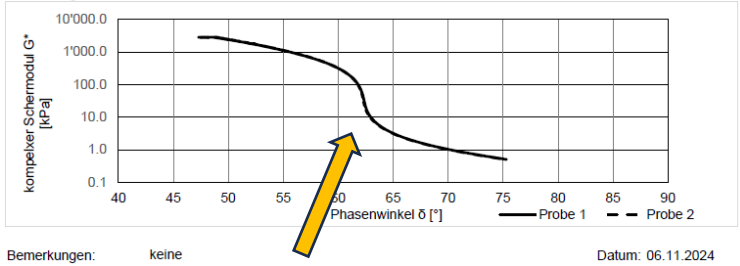
			Probe 1	Probe 2
Prüfgerät/-geometrie:	Malvern Kinexus / Platte-Platte 25 mm	*Prüfdatum:*	04.11.2024	04.11.2024
Spaltweite/Belastungsart:	1 mm / oszillierend	*Lagerdauer der Proben [h]:*	72.9	75.8
Prüffrequenz [Hz]:	1.59	*Plattenerwärmung:*	90.0	
Temperaturbereich:	20 bis max. 90°C (1.2 °C/min)	*Gleichgewichtseinstellungszeit:*	15 Min.	
Scherspannung [Pa]:	500			

	Werte bei 15 kPa	Probe 1	Probe 2	Mittelwert
Prüfergebnisse	Temperatur [°C]	56.1	56.1	**56.1**
	Phasenwinkel [°]	62.6	62.6	**62.6**

Auswertung Probe 1



Black-Diagramm

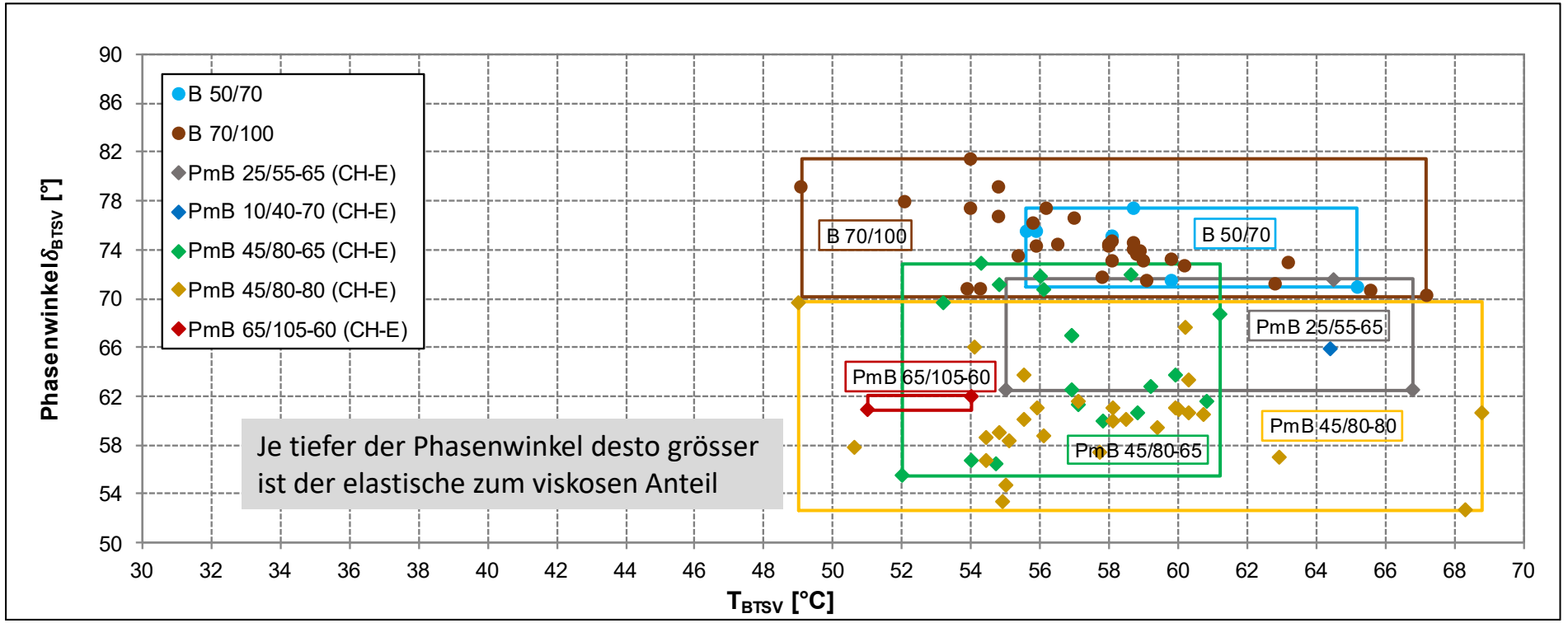


Bemerkungen: keine

Datum: 06.11.2024
Viatec AG: V. Krackler

Druckdatum: 06.11.2024

Auswertungen rückgewonnenes Bitumen Viatec AG



Die Kästchen stellen die sich ergebenden äusseren Grenzen der untersuchten Bindemittel dar. Sie beinhalten alle Parameter und Einflüsse, die die Werte beeinflussen können (RC-Anteil, Zugabebindemittel, Modifizierung, Zusätze, Provenienz, Lieferwerk, Mischguttemperatur bei Einbau sowie Aufwärmung, usw.). Die Kästchen sind nicht fix. Sie stellen die bisherigen Materialeigenschaften dar. Anpassungen am Material können eine Verschiebung der Grenzen bedeuten.

infra suisse

Systematische, materialwissenschaftlich-basierte Vorgehensweise

Methodischer Erkenntnisgewinn

….. für Innovation in der Asphalttechnologie

Thermische Behandlung
Mechanische Behandlung

Rohstoffgewinnung
Substitution von Bitumen

Asphalt Rückbau

Asphalt Recycling
Regeneratoren

Lebenszyklusanalyse

Asphalt Nutzung

Asphalt Einbau

Innovation und
Investition in der Asphalt
Produktion

Bild: T. Pohl, UMTEC AG
Ergänzung P.Bodmer Viatec AG

D-A-CH-Projekt „Mehrfachrecycling“
TU Braunschweig / EMPA / TU Wien / TU Bochum

Untersuchungsergebnisse geben keinen Anhaltspunkt, warum die mehrfache Wiederverwendung von Asphalt nicht auch in der Baupraxis zuverlässig gelingen sollte. (Wistuba et al., 2022)

Licensed to: Evelyn Steinhart (evelyn.steinhart@viatec.ch) / Downloaded 4.9.2023

REG norm
Nationales Register zur Veröffentlichung von Normen, Standards und weiteren Regulierungen
Registre national pour la publication de normes, standards et autres réglementations
Registro nazionale per la pubblicazione di norme, standard e altre regolamentazioni
National register for the publications of standards and other regulations

VSS 72 001

Guide
Guide
Guida
Guide

Ausgabe: 2023-08

Guide für die Praxis zur Einstellung des Zielbindemittels bei der Wiederverwendung von Asphaltgranulat

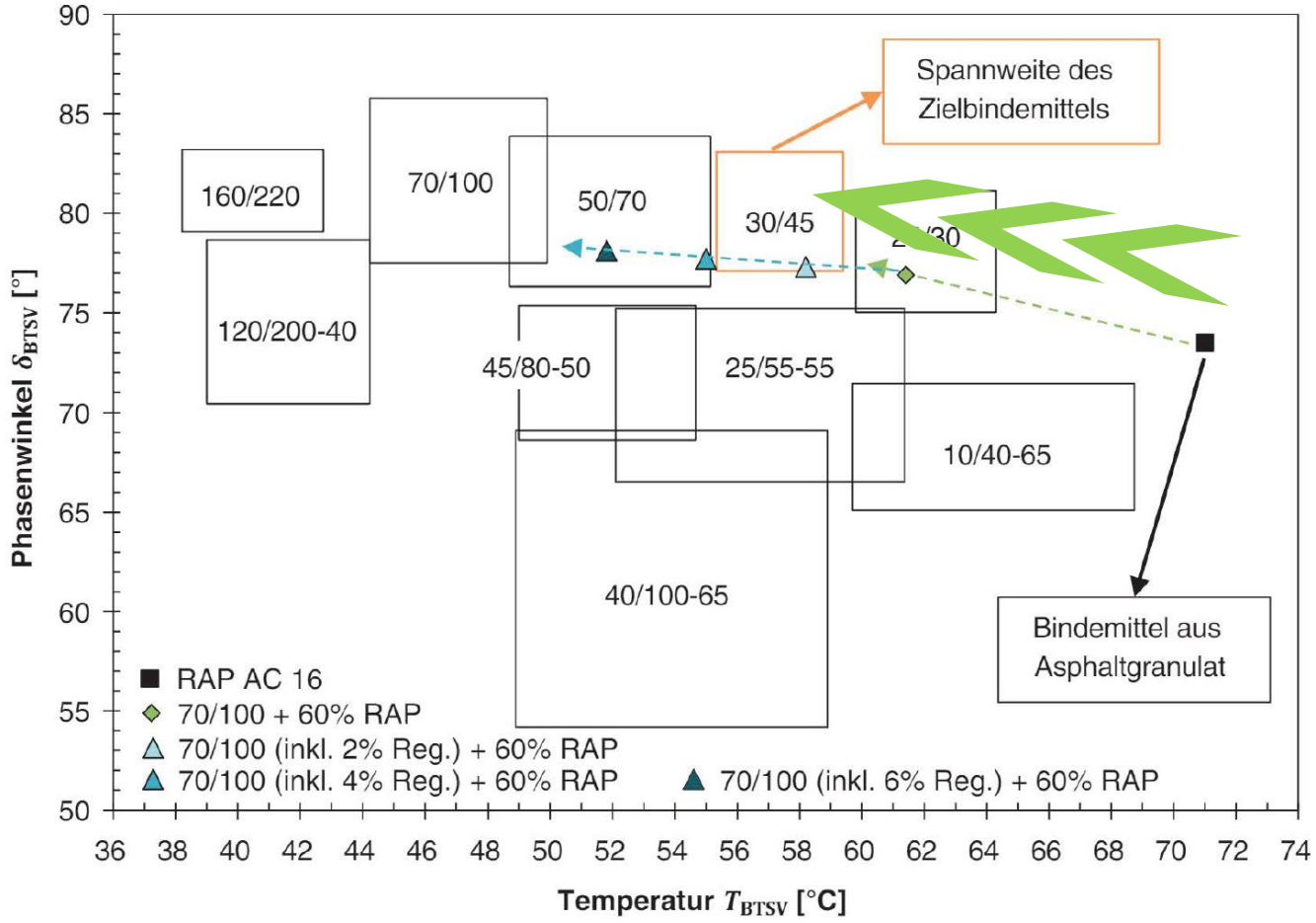


Abb. 3
Anwendungsbeispiel 1: Veränderung von BTSV-Kennwerten eines Altbindemittels durch Zugabe von Frischbindemittel 70/100 bei variierender Dosierung eines Regenerators sowie festgelegter Zugaberate von 60% Asphaltgranulat

Systematische Einstellung des Zielbindemittels

Licensed to: Evelyn Steinhart (evelyn.steinhart@viatec.ch) / Downloaded 4.9.2023
REGnorm Nationales Register zur Veröffentlichung von Normen, Standards und weiteren Regulierungen
Registre national pour la publication de normes, standards et autres réglementations
Registro nazionale per la pubblicazione di norme, standard e altre regolamentazioni
National register for the publications of standards and other regulations
VSS 72 001 Guide Guide Guida Guide
Ausgabe: 2023-08

Alterung im Labor (RTFOT+PAV) kann die tatsächliche Alterung auf der Strasse nur bedingt abbilden.

Das regenerierte Bindemittel sollte nicht schneller altern als Frischbindemittel.

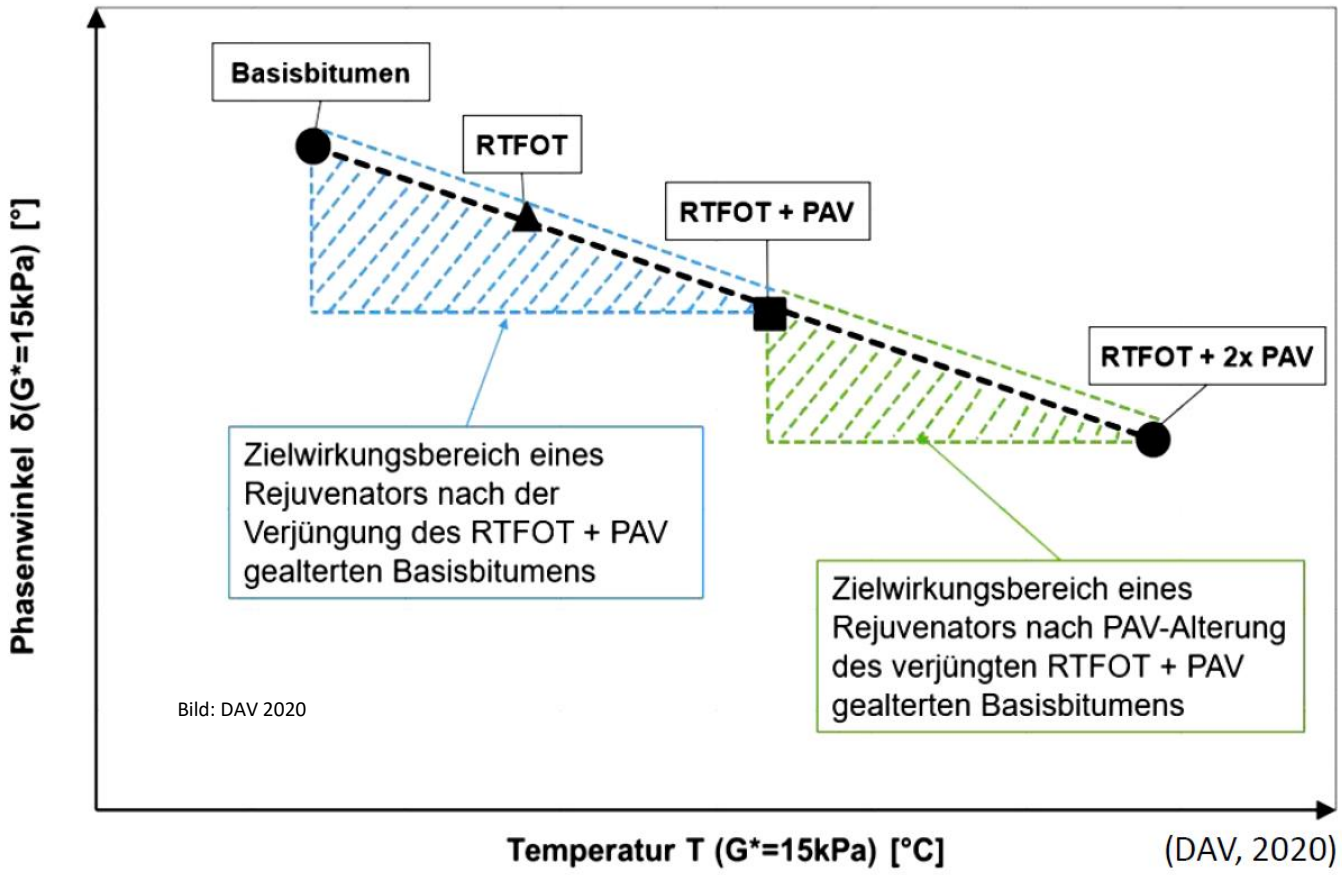


Bild: DAV 2020

(DAV, 2020)

"Wenn die meisten glauben, dass etwas funktioniert, heißt das noch lange nicht, dass es richtig ist.„

Albert Einstein

Literatur

Wistuba, M. P. 2024. Straßenbaustoff Asphalt. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, ISBN 978-3-7812-2152-9, Kirschbaum Verlag, Bonn-Bad Godesberg, Deutschland.

Wistuba, M. P., Grönniger, J., Hugener, M., Arraigada, M., Hofko, B., Maschauer, D., Radenberg, M. & Staschkiewicz, M. 2022. Mehrfachrecycling im Straßenbau. Schlussbericht, D-A-CH Forschungsprojekt, Technische Universität Braunschweig, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Technische Universität Wien und Ruhr-Universität Bochum, i. A. der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Deutschland (FGSV), des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute in der Schweiz (VSS) und der Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr mit dem Baustoffrecyclingverband in Österreich (FSV/BRV).